

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-203777

(P2002-203777A)

(43) 公開日 平成14年7月19日 (2002.7.19)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 1 L 21/027		G 0 3 F 7/20	5 0 4 2 H 0 9 7
G 0 3 F 7/20	5 0 4	H 0 1 L 21/30	5 4 1 M 5 F 0 5 6
			5 4 1 Q
			5 4 1 S

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2001-73(P2001-73)

(22) 出願日 平成13年1月4日 (2001.1.4)

(出願人による申告) 国等の委託研究の成果に係る特許出願 (平成12年度新エネルギー・産業技術総合開発機構 (再) 委託研究、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受けるもの)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 太田 洋也

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 谷本 明佳

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 100091096

弁理士 平木 祐輔

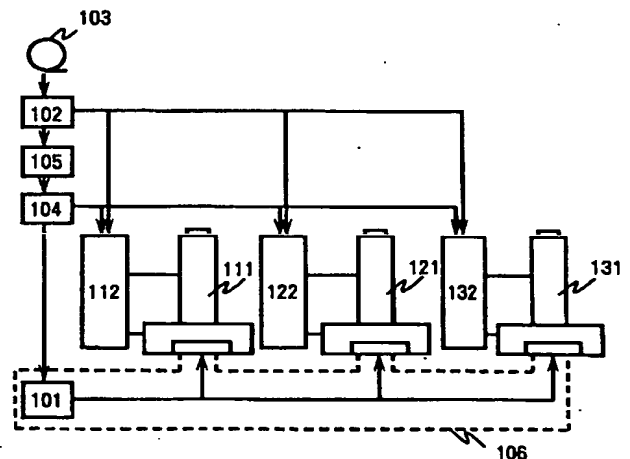
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子ビーム描画方法及び電子ビーム描画システム

(57) 【要約】

【課題】 クーロン効果の増大を防ぎつつ高速に電子ビーム描画を行う。

【解決手段】 異なる特徴を持つ電子ビーム描画装置 111, 121, 131 を組み合わせる。描画を行うパターンデータをデータ分割装置 102 により可変成形方式で描画を行う部分と一括図形方式で描画を行う部分に分割し、2つのパターンデータを作成する。可変成形で描画を行う部分のパターンデータを輝度の高い電子ビーム描画装置に割り当て、一括図形方式で描画を行う部分を輝度の低い電子ビーム描画装置に割り当てる。描画すべき1つの試料をこれら2つの装置で別々に描画を行う



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 試料に電子ビームを照射してパターンを描画する電子ビーム描画方法において、輝度の異なる複数の電子光学系を用いて1つの試料に描画を行うことを特徴とする電子ビーム描画方法。

【請求項2】 試料に電子ビームを照射してパターンを描画する電子ビーム描画方法において、描画を行うパターンデータを可変成形方式で描画を行う部分と一括図形方式で描画を行う部分とに分割する工程と、

前記可変成形方式で描画を行う部分を可変成形方式でパターン描画を行う電子光学系により描画し、前記一括図形方式で描画を行う部分を一括図形方式でパターン描画を行う電子光学系により描画する工程とを含み、前記可変成形方式でパターン描画を行う電子光学系の輝度は前記一括図形方式でパターン描画を行う電子光学系の輝度より高いことを特徴とする電子ビーム描画方法。

【請求項3】 可変成形方式と一括図形方式を併用して試料にパターンを描画する電子ビーム描画方法において、

描画を行うパターンデータを可変成形方式で描画を行う部分と一括図形方式で描画を行う部分とに分割する工程と、

前記分割されたパターンデータの描画時間を算出する工程と、

前記算出された描画時間に基づき可変成形方式でパターン描画を行う電子光学系と一括図形方式でパターン描画を行う電子光学系の輝度を調整する工程と、

前記可変成形方式でパターン描画を行う電子光学系と前記一括図形方式でパターン描画を行う電子光学系により1つの試料に描画を行う工程とを含むことを特徴とする電子ビーム描画方法。

【請求項4】 可変成形方式でパターン描画を行う電子光学系と一括図形方式でパターン描画を行う電子光学系とを含む電子ビーム描画システムであって、

描画を行うパターンデータを可変成形方式で描画を行う部分と一括図形方式で描画を行う部分とに分割するパターン分割手段と、

前記分割されたパターンデータの描画時間を算出する描画時間算出手段と、

前記算出された描画時間に基づき前記可変成形方式でパターン描画を行う電子光学系の輝度と前記一括図形方式でパターン描画を行う電子光学系の輝度を調整する手段と、

前記可変成形方式でパターン描画を行う電子光学系と前記一括図形方式でパターン描画を行う電子光学系との間に試料を搬送する試料搬送手段とを備え、

前記可変成形方式でパターン描画を行う電子光学系と前記一括図形方式でパターン描画を行う電子光学系とを用いて1つの試料に描画を行うことを特徴とする電子ビ

ム描画システム。

【請求項5】 可変成形方式でパターン描画を行う電子光学系と一括図形方式でパターン描画を行う電子光学系とを含む電子ビーム描画システムであって、

描画を行うパターンデータの近接効果補正のための照射量補正演算を行う手段と、

照射量補正演算されたパターンデータを可変成形方式で描画を行う部分と一括図形方式で描画を行う部分とに分割するパターン分割手段と、

10 前記分割されたパターンデータの描画時間を算出する描画時間算出手段と、

前記算出された描画時間に基づき前記可変成形方式でパターン描画を行う電子光学系の輝度と前記一括図形方式でパターン描画を行う電子光学系の輝度を調整する手段と、

前記可変成形方式でパターン描画を行う電子光学系と前記一括図形方式でパターン描画を行う電子光学系との間に試料を搬送する試料搬送手段とを備え、

20 前記可変成形方式でパターン描画を行う電子光学系と前記一括図形方式でパターン描画を行う電子光学系とを用いて1つの試料に近接効果補正して描画を行うことを特徴とする電子ビーム描画システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体集積回路や半導体回路装置用フォトマスクなどの加工、描画に用いられる電子ビーム描画方法および電子ビーム描画システムに関する。

【0002】

30 【従来の技術】LSIを代表とする半導体回路の高密度化、高集積化に伴い、形成する回路パターンの微細化が急速に進んでいる。電子ビーム描画は微細パターンを形成するためには有効な手段であるが、生産現場に適用するためには、更に高いスループットが要求されている。

【0003】電子ビーム描画装置の多くは、可変矩形のビームを形成するいわゆる可変成形方式を用いている。ところが、回路パターンが微細化し、1つの試料あたりのパターン数が増加して更なる高スループットが要求されたため、可変成形方式の面積ビームを活用して、特定の機能を持つひとまとまりの開口絞りを照射し、パターン形状の電子ビームにて描画を行う一括図形方式が開発された。また、特開平10-199796号公報に記載のように一括図形の開口を大きくして、開口上を走査して描画を行う方式や、特許第3034285号公報に記載のように一括開口を移動させながらこれとビーム偏向や試料ステージを同期させて描画を行う方式も提案されている。これを発展させた、特開平5-251317号公報やジャパニーズ ジャーナル オブ アプライド  
フィジックス (Jpn. J. Appl. Phys.)、34巻 (1995年)、6658頁に記載のように、光転写と同様に

半導体集積回路フルチップの開口型または散乱型マスクを準備して比較的大きな面積のビームで転写を行う方式が提案されている。これらのすべての方式は、マスク像を電子レンズにより試料上に投影し、偏向器で位置決めをしながら描画を行う方法であるため、本明細書では、これらを総称して一括図形方式という。

#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記のような電子ビーム描画装置のスループットを決定する主たる要因は、1回に試料上に照射する(1ショット)電子ビームの電流値である。ビーム電流値を大きくすると、クーロン効果によるビームボケのために形成されるパターン形状が劣化してしまう問題がある。従って、ビーム電流値をビーム面積で割った電流密度を高くすれば小さいビーム面積で描画する可変成形方式は良いが、相対的に大きな面積を転写する一括図形方式では電流値が大きくなりパターン形状が劣化してしまう。一方、電流密度を低くすると可変成形方式での描画時間が長くなってしまふ。

【0005】この問題に対して、例えば特開平11-219879号公報に記載のように、1つの試料を描画する際に可変成形方式ではビーム面積を小さく電流密度を高く、一括図形方式では相対的にビーム面積を大きく電流密度を小さくするように電流密度を切り替えてクーロン効果の許す範囲で最大の電流値で描画を行えば、描画速度は向上する。しかしこの例では、電流密度を変える手段として、コンデンサレンズを用いているため、電流密度が変化すると同時にビームの開き角も同時に変化してしまう。クーロン効果によるビームボケは、概略電流値に比例し、開き角に反比例する。またこの場合、電流密度は開き角の2乗に比例する。従って電流量一定のもとで、コンデンサレンズにより電流密度を1/2にしても、開き角は $1/\sqrt{2}$ になりクーロン効果が増大してしまう。

【0006】本発明は、クーロン効果の増大を防ぎつつ高速に電子ビーム描画を行うことを目的とする。さらに、異なる組み合わせを有効に使うための電子ビーム描画方法とこれを実現できる電子ビーム描画システムを提供することを目的とする。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するため、本発明においては、異なる描画方式、電流密度を持つ電子ビーム描画装置を組み合わせることにより、高速に電子ビーム描画を行う。まず、描画を行うパターンデータをデータ分割装置により可変成形方式で描画を行う部分と一括図形方式で描画を行う部分に分割を行い、2つのパターンデータを作成する。次に、可変成形で描画を行う部分のパターンデータを輝度の高い電子ビーム描画装置に割り当て、一括図形方式で描画を行う部分を輝度の低い電子ビーム描画装置に割り当てる。描画すべき1つの試料をこれら2つの装置で別々に描画を行うこと

により、最適な電流密度で描画を行うことができ、高速な描画が可能となる。輝度とは単位面積単位立体角当りの電流量である。従って、輝度を変えることにより開き角を変化させずに電流密度を変えることが可能となり、電流量一定のもとでクーロン効果を変化させないでおくことが可能となる。

【0008】パターンデータの分割数は2つに限られず、2つの装置間での描画時間の差や、一括図形の大きさによっては、更にパターンデータを分割して、各々のパターンデータを別の描画装置に割り当てて描画を行うようにすればよい。

【0009】すなわち、本発明による電子ビーム描画方法は、試料に電子ビームを照射してパターンを描画する電子ビーム描画方法において、輝度の異なる複数の電子光学系を用いて1つの試料に描画を行うことを特徴とする。

【0010】複数の電子光学系は、可変成形方式でパターン描画を行う電子光学系、一括図形方式でパターン描画を行う電子光学系、転写方式で大面積のパターン描画を行う電子光学系のうちの2以上の組み合わせとすることができる。これらの電子光学系は、1つの電子ビーム描画装置に組み込まれていてもよいし、それぞれが別個の電子ビーム描画装置を構成するものであってもよい。

【0011】本発明による電子ビーム描画方法は、また、試料に電子ビームを照射してパターンを描画する電子ビーム描画方法において、描画を行うパターンデータを可変成形方式で描画を行う部分と一括図形方式で描画を行う部分とに分割する工程と、可変成形方式で描画を行う部分を可変成形方式でパターン描画を行う電子光学系により描画し、一括図形方式で描画を行う部分を一括図形方式でパターン描画を行う電子光学系により描画する工程とを含み、可変成形方式でパターン描画を行う電子光学系の輝度は一括図形方式でパターン描画を行う電子光学系の輝度より高いことを特徴とする。

【0012】パターンデータの分割に際し、一括図形方式で描画する部分を一括図形の種類または面積に応じて更に分割するようにしてもよい。また、算出された描画時間に基づき可変成形方式で描画を行う部分と一括図形方式で描画する部分の描画時間が長い方式のパターンデータを更に分割するようにしてもよい。

【0013】本発明による電子ビーム描画方法は、また、可変成形方式と一括図形方式を併用して試料にパターンを描画する電子ビーム描画方法において、描画を行うパターンデータを可変成形方式で描画を行う部分と一括図形方式で描画を行う部分とに分割する工程と、分割されたパターンデータの描画時間を算出する工程と、算出された描画時間に基づき可変成形方式でパターン描画を行う電子光学系と一括図形方式でパターン描画を行う電子光学系と一括図形方式でパターン

5

描画を行う電子光学系により1つの試料に描画を行う工程とを含むことを特徴とする。

【0014】本発明による電子ビーム描画システムは、可変成形方式でパターン描画を行う電子光学系と一括図形方式でパターン描画を行う電子光学系とを含む電子ビーム描画システムであって、描画を行うパターンデータを可変成形方式で描画を行う部分と一括図形方式で描画を行う部分とに分割するパターン分割手段と、分割されたパターンデータの描画時間を算出する描画時間算出手段と、算出された描画時間に基づき可変成形方式でパターン描画を行う電子光学系の輝度と一括図形方式でパターン描画を行う電子光学系の輝度を調整する手段と、可変成形方式でパターン描画を行う電子光学系と一括図形方式でパターン描画を行う電子光学系との間に試料を搬送する試料搬送手段とを備え、可変成形方式でパターン描画を行う電子光学系と一括図形方式でパターン描画を行う電子光学系とを用いて1つの試料に描画を行うことを特徴とする。

【0015】本発明による電子ビーム描画システムは、また、可変成形方式でパターン描画を行う電子光学系と一括図形方式でパターン描画を行う電子光学系とを含む電子ビーム描画システムであって、描画を行うパターンデータの近接効果補正のための照射量補正演算を行う手段と、照射量補正演算されたパターンデータを可変成形方式で描画を行う部分と一括図形方式で描画を行う部分とに分割するパターン分割手段と、分割されたパターンデータの描画時間を算出する描画時間算出手段と、算出された描画時間に基づき可変成形方式でパターン描画を行う電子光学系の輝度と一括図形方式でパターン描画を行う電子光学系の輝度を調整する手段と、可変成形方式でパターン描画を行う電子光学系と一括図形方式でパターン描画を行う電子光学系との間に試料を搬送する試料搬送手段とを備え、可変成形方式でパターン描画を行う電子光学系と一括図形方式でパターン描画を行う電子光学系とを用いて1つの試料に近接効果補正して描画を行うことを特徴とする。

【0016】前記電子ビーム描画システムの可変成形方式でパターン描画を行う電子光学系と一括図形方式でパターン描画を行う電子光学系は、1つの電子ビーム描画装置に組み込まれていてもよいし、それぞれが別個の電子ビーム描画装置を構成するものであってもよい。

【0017】また、前記電子ビーム描画システムは、複数の電子ビーム描画装置間を真空室にて結合し、試料搬送手段はその真空室内を移動して試料を電子ビーム描画装置に搬送するのが好ましい。また、試料搬送手段は、試料を試料保持手段に搭載したまま電子ビーム描画装置内に搬送し、その試料保持手段に搭載したまま描画を行うようにすると重ね合わせ誤差を低減することができる。

【0018】分割されたパターンデータを複数の電子光

6

学系を用いて1つの試料に合わせ描画を行う際に、光学式の合わせマーク検出装置を用いるのが好ましい。また、分割されたパターンデータを複数の電子光学系を用いて1つの試料に合わせ描画を行う際の各々の合わせ描画アルゴリズムが同一であることが好ましい。本発明の電子ビーム描画方法あるいは電子ビーム描画システムは、半導体回路装置や半導体回路装置用フォトマスクのパターン描画に用いることができる。

【0019】

10 【発明の実施の形態】以下、図面を用いて本発明を詳細に説明する。まず、本発明で用いる電子ビーム描画装置の構成について説明する。一括図形方式の電子ビーム描画装置の例を図14に示す。ここで示す例は、一括図形以外の部分は矩形ビームの大きさを変えることのできる可変成形ビーム方式を用いる可変成形方式の描画も可能な装置である。

【0020】電子銃1201から放出された電子ビーム1202は矩形の開口を持つ第1マスク1203上に照射され、さらに第2マスク1205上に結像される。第2マスク1205の像は縮小レンズ1206と対物偏向レンズ1207で投影偏向されて、感光剤の塗布された試料1208上に投影され描画を行う。この部分が、電子光学系である。このとき第2マスク1205にあらかじめ設けてある複数のパターン形状の開口を、選択偏向器1204により選択する。対物偏向レンズ1207で偏向可能な領域以外は、XYステージ1209上に設置された試料1208をXYステージ制御装置1213により移動させて描画を行う。描画全体は描画パターンデータに従って描画制御装置1210によって統一的に制御される。第2マスク1205の移動はマスク移動機構1211で行い、描画パターンに応じて移動機構制御装置1212により制御される。第2マスク1205を移動しながら描画を行うこともできる。また、第2マスク1205上に照射される電子ビームの大きさよりも大きい開口を用いて、第2マスク1205とXYステージ1209とを同期移動させて描画を行う方式もある。

【0021】第2マスク1205の上面図を図15に例示する。この第2マスク1205上には、可変成形用開口1302の周囲に一括図形用開口1301を配置されている。この例では、5つの一括図形用開口1301が選択偏向器で選択可能である。

【0022】次に、転写方式の電子ビーム描画装置の例を図16に示す。電子源や加速空間、レンズなどを含む照明系1401で発生された電子ビーム1402を、レンズ1403と偏向器1404によりマスク1405上を部分的に照射する。このマスク1405には、シリコン薄膜などの上に原子番号の大きい材質でパターンを形成した散乱型、および、シリコン薄膜に穴をあける開口型の2つの方式がある。いずれもパターン部と非パターン部との散乱の差でコントラストをつける方式である。

50

マスク1405を通過または散乱したビームは偏向器1407により第1投影レンズ1406に入射され、散乱されたビームのみ制限アパーチャ1408でカットされる。制限アパーチャ1408を通過したビームは、第2投影レンズ1409および偏向器1410により位置決めされて試料1411上に投影される。第1投影レンズ1406と第2投影レンズ1409はダブルレット構成になっており、2つのレンズの焦点距離の比により投影倍率が決まる。例えば、マスク1405上で1mm角のパターンを1/4に縮小して試料上で250 $\mu$ m角で投影する。この構成は、歪やボケなどの収差も少なく投影できる。マスク1405上でのビーム位置は偏向器1404で偏向すると同時に機械的にも移動し、試料1411を搭載するステージ（図示せず）と同期して描画を行う。

【0023】上に示した2つの描画装置では、マスクを電子ビームにより照射して、マスク像を試料上に投影して、偏向器と試料ステージにて電子ビーム位置を決定しながら描画を行う機能や構成は同一である。従って、本明細書では、これらを総称して一括図形方式とする。

【0024】以下、本発明の詳細を図面を用いて説明する。

【実施の形態1】図1は、本発明による電子ビーム描画システムの一例を示すシステム構成図である。電子ビーム描画装置111、121、131は図14に示したのと同じタイプの電子ビーム描画装置である。描画すべきパターンデータ103は、データ分割装置102により可変成形データと一括図形データに分割される。そして、電子ビーム描画装置111、121、131をそれぞれ制御する制御装置112、122、132に送られる。描画される試料は、真空室106内で動作する試料搬送装置101にて電子ビーム描画装置111、121、131の間を移動し、分割されたパターンデータに従って描画が行われる。描画の動作は図14にて示したものと同一である。

【0025】分割されたそれぞれのパターンデータの描画時間を描画時間演算装置105で算出する。描画時間は、試料の感光剤の感度と電流密度から決まるショット滞在時間とビーム偏向待ち時間の和にショット数を乗じて、更に全体のオーバーヘッド時間を加えれば求めることができる。ここで、例えば一括図形部の描画時間が可変成形部の描画時間の約2倍であったとする。この場合には、電子ビーム描画装置111で可変成形部の描画を、電子ビーム描画装置121、131で一括図形部の描画を行えば最も効率が良い。また、整数倍（ここでは2倍）の電流密度になるよう、それぞれの電子光学系の輝度を決めても良い。

【0026】描画の順序を図2に示す。まず、試料1を装置111に、試料2を装置121、試料3を装置131にそれぞれ装填する。可変成形部を描画する電子ビー

ム描画装置111による試料1の描画は他の装置の半分の時間で終了するので、試料1の描画終了後、試料1を退避させて試料4の描画を開始する。次に、各装置による描画終了後、試料1を装置121へ、試料2を装置111へ、試料3を退避、試料4を装置131へ移動させる。電子ビーム描画装置111での描画後、試料2は描画終了となり、続いて試料3を装置111へ装填し描画を開始する。試料3、4、1の描画はほぼ同時に終了し、4つの試料はすべて描画が行われたことになる。以降、同様に本手順を繰り返す。これらの手順は、描画時間演算装置105で求めた描画時間に基づき、描画手順制御装置104により制御される。

【0027】図3は描画するパターンの例である。描画パターン31のうち繰り返しのパターンである上の部分が一括図形で描画する部分、下の部分が可変成形で描画を行う部分である。この描画パターン31を分割し、一括図形パターン32と可変成形パターン33のパターンを生成する。図1に示すデータ分割装置102で分割された可変成形パターン33を制御装置112に、一括図形パターン32を制御装置122、132に送る。

【0028】次に、両方式の電流密度について述べる。たとえば、電子ビーム描画システムで描画を行うパターンの大きさは0.1 $\mu$ m程度である。これに対して、一括図形の大きさはたとえば5 $\mu$ m角であり、通常数十%のビームが通過する開口を持つパターンが多い。ここで、電流密度とは単位面積あたりの電流量とすれば、同じ電流密度であれば一括図形のビーム電流は可変成形に比較して10倍以上大きくなる。

【0029】一方、クーロン効果によるビームボケは、電子光学系の仕様が同じであればビーム電流値にほぼ比例で大きくなる。したがって、一括図形のビーム電流をクーロン効果によるビームボケで制限すれば、可変成形での電流密度は小さくなり、一括図形と同じビームボケまで許容するとすれば、電流密度を上げることが可能である。従来の描画方法では、可変成形部と一括図形部の切り替えをビーム偏向待ち時間程度の高速に行わなければならない、この速度で電流密度を切り替える電子光学系を実現することは実用上困難である。従って、あらかじめ例えば、一括図形の描画を行う電子光学系は電流密度5A/cm<sup>2</sup>、可変成形の描画を行う電子光学系の電流密度は40A/cm<sup>2</sup>という設定にしておけば、効率よく描画を行うことが可能となる。例えば、図3のパターンでは、可変成形が38ショット、一括図形が9ショットで、可変成形方式の電子光学系の電流密度を一括図形方式の電子光学系の電流密度の8倍に設定すれば、可変成形描画の描画時間は一括図形描画の約1/2となる。

【0030】電流密度を変える手段としては、いくつかの方法がある。例えば、先に従来の技術で述べたようにコンデンサレンズを使って、クロスオーバー位置を変えずに電子銃を見込む角度を変えることができる。しか

し、この方法では、輝度に変化しないために電流密度と同時にビームの開き角も変化してしまう。クーロン効果によるビームボケは、概略電流値に比例し、開き角に反比例する。一方、電流値は開き角の2乗に比例する。例えば、開き角5mradで電流密度40A/cm<sup>2</sup>の電流密度をコンデンサレンズにて1/4にする場合、電流密度を1/4にするためには開き角を1/2の2.5mradにする必要がある。しかし、クーロン効果は開き角に反比例するので、可変成形法と一括図形法で同じ電流を用いると、ビームボケは電流密度40A/cm<sup>2</sup>の場合の2倍になってしまう。従って、この方法では、クーロン効果によるビームボケの解決にはならない。

【0031】一方、電子銃の輝度を上げれば開き角を変えることなく電流密度を上げることができる。輝度を上げる方法は、電子源そのものをえる方法がある。しかし、LaB<sub>6</sub>のような熱電子源の場合には、加熱条件を変える方法や、熱電子の発生を押さえる電極(ウェーネルト)の電圧を変化させるのが簡便な方法である。また、電子銃中にレンズ作用をもたらし電極を付加して制御する方法や、電子銃に磁場レンズを重畳する方法もある。例えば、LaB<sub>6</sub>の熱電子銃を使用した場合に、開き角5mradで電流密度40A/cm<sup>2</sup>を実現する輝度は5x10<sup>5</sup>A/cm<sup>2</sup> str程度である。電流密度は輝度に比例するので、加熱温度を下げるあるいはウェーネルト電圧を上げることにより6.25x10<sup>4</sup>A/cm<sup>2</sup> strに設定すれば、電流密度は5A/cm<sup>2</sup>になる。本実施例では、ウェーネルト電圧を上げることにより輝度を変化させた。このとき、開き角は変化しないため、可変成形法と一括図形法で同じ電流を用いても、クーロン効果によるビームボケは変化せず、結果として同じビーム電流値を使うことができた。

【0032】上記の例では、可変成形方式の描画時間が短い例を示したが、描画するパターンによっては可変成形方式の描画時間が長い場合もある。その場合には、電子ビーム描画装置111、121で可変成形部の描画を、電子ビーム描画装置131で一括図形部の描画を行えば良い。

【0033】電子ビーム描画は、電子ビームを用いるために真空中で行わなければならない。通常、描画を行う前に試料を試料ステージとは別のチャンバにて真空排気した後、試料ステージ上に装填する。複数の装置間で続けて描画を行う場合には、毎回、大気化と排気を行うのは時間の無駄である。従って、各装置間を真空室にて結合して、真空室内で試料を移動させれば、無駄時間がなくなる。図1では、破線で囲まれた部分が真空室106であり、試料搬送装置101はこの真空室106内で動作する。試料搬送装置が1度に複数の試料を扱うことができれば、試料交換の効率が良くなる。

【0034】装置の実装形態の例を示したものが図4である。この例では、3つの電子ビーム描画装置41、4

2、43の中央に真空内で動作する試料搬送装置44を設置している。この試料搬送装置44と3つの試料ステージ間で、試料交換が可能である。このとき、試料搬送装置44のアームが複数あれば、効率良く試料交換が可能となる。また、試料搬送装置は真空排気室45との試料交換により、大気中の試料カセット46との試料授受を行う。真空排気室45は電子ビーム描画装置の数と同数の試料(ここでは3つ)を同時に排気、大気化できれば最も効率が良い。

10 【0035】同一の試料を複数の描画装置で描画を行う場合には、重ね合わせ精度が重要となる。重ね合わせ誤差の要因の1つとして、試料の保持形態がある。試料を試料保持装置に搭載した場合に、試料の反りや歪などにより重ね合わせ誤差が増加する場合がある。このような誤差を避けるために、図5に示す試料保持装置51ごと複数の描画装置間を移動させ、描画を行う。図5(a)はウェハ52を搭載した試料保持装置51の例を、図5(b)はガラスマスク53を搭載した試料保持装置51の例を示す。

20 【0036】電子ビーム描画を行う時には、LSI設計用CADデータを電子ビーム描画装置用のデータに変換して電子ビーム描画装置の制御装置に送り、制御装置はそのデータに基づいて電子ビーム制御装置の偏向器などを制御して描画を行う。データを変換する際、一括図形で描画を行う部分は、その部分のパターンデータを削除して、一括パターンを示す符号と置き換える。

【0037】パターンデータ分割装置の動作について図6を用いて説明する。電子ビーム描画用のパターンデータ61は、通常、パターン全体の大きさや数、最小描画単位などを記述してある描画条件部62と各々のパターンの大きさや座標、一括図形を示す符号などが格納されているパターンデータ部63から構成されている。このパターンデータ61を読み込んで、描画条件部62と可変成形データ部64から構成される可変成形パターンデータ66および描画条件部62と一括図形データ部65から構成される一括図形パターンデータ67に分割する。

40 【0038】図7にパターンデータ分割の処理フローを示す。パターンデータ61を読み込み(ステップ11)、描画条件部62は共通であるので、可変成形パターンデータ66および一括図形パターンデータ67に描画条件部62をそれぞれ出力する(ステップ12)。次に、パターンデータ部63に含まれるデータの種別を判別し(ステップ13)、可変成形データは可変成形パターンデータ66に出力し(ステップ14)、一括図形データは一括図形パターンデータ67に出力する(ステップ15)。ステップ16で残りデータの有無を判定し、全てのパターンデータの出力が終わるまでステップ13からステップ16の処理を反復する。その結果、2つのパターンデータが作成される。このとき、一括図形のマ

スクはあらかじめ準備されているものとする。準備されていないマスクの一括図形データは可変成形データに出力する。なお、本データ分割は、ソフトウェアで行ってもハードウェアで行ってもよい。

【0039】〔実施の形態2〕実施の形態1に示した描画方法において、一括図形法による描画の際に、一般に1回の照射で描画が可能な一括図形の面積が大きいほど多くのパターンを取り込むために描画速度が速くなる。しかし、大きな面積を歪やボケを少なく転写するためには、偏向器などの電子光学系の構成要素を増やし、複雑な制御を行わなければならない。このため、例えば試料上にて $5\mu\text{m}$ 角の一括図形と $250\mu\text{m}$ 角の一括図形を描画する電子光学系の詳細は異なる。一方、一括図形の面積が大きいので、クーロン効果によるビームボケは小さくなる。実施の形態1で述べたように $5\mu\text{m}$ 角の一括図形描画の場合には $\text{LaB}_6$ 電子源の輝度は $5 \times 10^5 \text{A/cm}^2 \text{str}$ 程度である。これに対して、図16に示す $250\mu\text{m}$ 角の一括図形描画の場合には、マスク投影倍率が $1/4$ のためマスク上を $1\text{mm}$ 角のビームで照射する必要がある。このため、電子源自身を大きくして大面積を照射している。このため、輝度は $1 \times 10^2 \sim 1 \times 10^3 \text{A/cm}^2 \text{str}$ 程度に設定している。

【0040】図8に示すように、半導体集積回路71はRAMやROMといったメモリ部、CPU部、DSP部、ゲートアレイ部など特定の機能を持つブロックと、これらを接続する周辺回路などを分けて設計する場合もある。特定の機能を持つブロックは、半導体集積回路71において比較的大きな面積を占める。例えば、半導体集積回路71の大きさが $10 \sim 20\text{mm}$ 角に対して各機能ブロックは $2 \sim 5\text{mm}$ の辺をもつ。また、これらの機能ブロックは、一度設計が完成してしまうと度々使用されることも多い。これら機能ブロックは、図16に示すようなフルチップ描画が可能な転写方式において、フルチップの一部分である機能ブロックのマスクを用いて描画を行えば、総合的な描画速度は向上することになる。このときこれらの、機能ブロックの部分をパターンデータから分割する必要がある。分割の基準は、一括図形の面積でも良いし、集積回路設計時に機能ブロックを特定する符号をパターンデータ中に埋め込んでその符号に従っても良い。

【0041】描画システムとしては、3つの電子ビーム描画装置111、121、131を組み合わせた図1に示すシステムを用い、電子ビーム描画装置111で周辺回路を可変成形部で描画を行い、電子ビーム描画装置121で小面積の一括図形部の描画を、電子ビーム描画装置131を転写型として大面積の機能ブロックの描画を行えば良い。この様に、本実施の形態では、従来フルチップ転写に用いていた転写方式を部分的に適用する。フルチップのマスクは製作コストが高い割に再利用ができないが、本例のように再利用が可能なメモリ部などのみ

に用いれば、トータルのマスクコストを抑制することが可能となり、そのメリットは大きい。

【0042】また、描画を行うパターンによっては一括図形の種類を多く必要とするものがある。通常、一括図形は電磁氣的に電子ビームを偏向することによって選択される。システムの構成上選択可能な数には上限があり、それ以上の数を使用するときには一括図形用のマスクを機械的に移動させる必要がある。ここで、一括図形描画用の電子光学系を2つ用意して、それぞれの一括図形の形状が異なるマスクを準備しておけば、実質2倍の選択数を得ることができる。

【0043】図9に一括図形の面積を基準とした場合のパターンデータ分割処理のフローを示す。まず、実施の形態1と同様に、パターンデータを読み込み（ステップ21）、描画条件部を可変成形パターンデータおよび一括図形パターンデータにそれぞれ出力する（ステップ22）。次に、パターンデータ部に含まれるデータの種別を判別し（ステップ23）、可変成形データを可変成形パターンデータに（ステップ24）出力する。一括図形データは、各電子光学系の描画可能な最大一括図形面積を基準値として、この基準値との大小関係を判定して（ステップ25）、小面積の一括図形データ1（ステップ26）と大面積の一括図形データ2（ステップ27）を出力する。ステップ28で残りデータの有無を判定し、全てのパターンデータの出力が終わるまでステップ23からステップ28の処理を反復する。

【0044】図9に示したパターンデータ分割処理はパターンの面積を基準としたものであるが、図9中のステップ15を一括図形の種類判定と置き換えて、種類別に2つの一括図形データを出力しても良い。

【0045】〔実施の形態3〕実施の形態1に示した描画方法において、パターンデータを分割して、複数の電子ビーム描画装置で描画を行う場合に各装置間での描画時間に差が出る場合がある。これは、描画すべきパターンに大きく依存し、例えば規則性のある図形が大部分を占めるパターンでは一括図形描画の割合が大きくなり、規則性のないパターンでは可変成形による描画が大部分となる。描画時間に差があれば、描画速度は描画時間の長い方に制限されてしまい、無駄が生じることになる。

【0046】描画時間は、ショット数、電流密度、感光剤の感度、ビーム偏向待ち時間、ステージ移動時間などのパラメータで決まる。従って、描画すべきパターンの内容がわかれば描画時間の算出が可能となる。このとき、例えば描画時間に2倍以上の差があれば、長い方のパターンデータを更に分割して、描画時間の差を少なくすればよい。また、例えば、電子ビーム描画装置が3台ある場合には、描画時間の長い方のパターンデータを無条件に分割して、必ず3つのパターンデータを生成するようにしてもよい。

【0047】図10に後者の例のフローを示す。まず、

13

実施の形態1と同様に、パターンデータを読み込み（ステップ31）、描画条件部を可変成形パターンデータおよび一括図形パターンデータにそれぞれ出力する（ステップ32）。次に、パターンデータ部に含まれるデータの種別を判別し（ステップ33）、可変成形データを可変成形パターンデータに（ステップ34）、一括図形データを一括図形パターンデータ（ステップ35）にそれぞれ出力する。ステップ36で残りデータの有無を判定し、全てのパターンデータの出力が終わるまでステップ33からステップ36の処理を反復する。こうして、パターンデータを可変成形データと一括図形データに分割する。その後、各パターンデータの描画時間を計算し（ステップ37）、描画時間の判定を行う（ステップ38）。このとき、可変成形パターンデータの方の描画時間が長ければ可変成形パターンデータを更に分割する（ステップ39）。一括図形パターンデータの方の描画時間が長ければ、一括図形パターンデータを更に分割する（ステップ40）。このようにして、3台の電子ビーム描画装置を用いて描画を行うことにより描画時間を短縮することができる。

【0048】〔実施の形態4〕前記各実施の形態に示した描画方法では、1つのパターンを分割し、1つの試料に複数の電子ビーム描画装置を用いて描画を行うため、複数の装置間でのパターンの重ね合わせ精度が重要となる。電子ビーム描画での重ね合わせは、電子ビームを用いて試料上のマーク位置を複数検出し、形状に合わせて描画を行うのが一般的である。しかし、本発明のように電子ビームの電流密度やビーム面積が異なる場合、重ね合わせ精度の基本となるマーク位置検出精度が各装置間により異なる可能性がある。

【0049】この差異を解消するためには、電子ビームを使わないマーク位置検出を使用するのがよい。検出精度の観点から最適手段は、光学的な検出である。図11に例を示す。図11には、図14で説明した電子ビーム描画装置の対物レンズ1207、試料1208、XYステージ1209の部分のみ示してある。図11（a）は、電子ビーム1202と同じ場所を測定する例である。光源91から試料に対して斜めに光を入射させ、試料上の像を光学式マーク検出装置検92により検出して位置を測定する。図11（b）は、電子ビーム1202とは異なる場所を測定する例である。光学式マーク検出装置検93と電子ビーム2の相対位置をあらかじめ校正しておけば、マーク位置と描画位置の変換が可能となる。このとき、マークの形状は電子ビーム検出用に合わせたものでも、光検出用に合わせたものでも良い。

【0050】〔実施の形態5〕実施の形態4で述べたように、重ね合わせ描画を行う際には、試料上のマーク位置を複数検出し、形状に合わせて描画を行うのが一般的である。検出するマークの数を増やせば、精度は向上するが、検出に時間を要する。従って、必要な精度を確保

14

できる範囲で検出するマークの数を限定し、描画すべきパターンは位置に合わせて誤差を拡散させる方法を探っている。

【0051】図12に、試料にウェハ1001を用いて、複数のチップ1002を描画する場合の例を示す。最低限必要なマーク位置検出は、パターンエリア外部にあるウェハアライメントマーク1003の検出である。このマークを2つ以上検出すれば、試料を装置に装填したときの位置誤差や回転誤差が算出できる。この値に基づいてチップ配置通りに描画を行えば良い。より高精度な描画を行うためには、チップ周囲のチップアライメントマーク1004を複数個検出して、XYステージ移動誤差やチップ配列誤差を低減することができる。例えば、チップ全体の4つの角と中心をとる方法や、チップ全体を上下に分け、6チップ毎のブロック単位で合わせ描画を行っても良い。また、各チップ毎に4つの角のマーク位置を検出して、これに合わせて描画を行っても良い。

【0052】以上説明したようなアルゴリズムを各々の電子ビーム描画装置で同一にすれば、重ね合わせ誤差の装置間での差異は最小にできる。ただし、XYステージの動き方や、電子ビーム偏向の歪形状など各々の装置で異なるパラメータは別途測定し、重ね合わせ描画に反映させるのは当然である。

【0053】〔実施の形態6〕電子ビーム描画特有の問題に近接効果がある。描画すべきパターンの粗密に応じて影響の程度をあらかじめ演算し、描画時の照射量を変えることが、近接効果を高速に補正する実用的な方法である。近接効果は、周囲の全てのパターンの影響を受けるので、本発明のように描画データを分割して、その後に近接効果補正演算を行うと正しい結果を得ることができない。そこで、例えば図1に示したシステムにおいて、データ分割装置102に近接効果補正を行うための照射量補正演算機能を付加して、面積密度マップを算出する。そして、データ分割に先立って、あるいは、データ分割と同時に面積密度マップ演算を行う。ここで分割されたパターンデータと面積密度マップを、それぞれ、制御装置112、122、132に送った後、描画を開始する。

【0054】照射量補正演算機能は、装置の制御装置に内蔵されていることもある。その場合には、分割される前のデータを、まず、例えば制御装置112にを送り面積密度マップ算出を行う。このマップを制御装置122、132に転送し、この面積密度マップに基づいてデータ分割装置102により分割されたパターンデータの描画を行う。

【0055】〔実施の形態7〕図13に、本発明の電子ビーム描画方法を用いた半導体集積回路の製造工程を示す。図13Aから図13Dはその工程を示す素子の断面図である。Nマイナシリコン基板1120に通常の方



15

法でPウエル層1121、P層1122、フィールド酸化膜1123、多結晶シリコン／シリコン酸化膜ゲート1124、P高濃度拡散層1125、N高濃度拡散層1126、などを形成した(図13A)。次に、リンガラス(PSG)の絶縁膜1127を被着し、絶縁膜1127をドライエッチングしてコンタクトホール1128を形成した(図13B)。

【0056】次に、通常の方法でW/TiN電極配線1130材を被着し、その上に感光剤1129を塗布し、本発明の電子ビーム描画方法を用いて感光剤1129の10 パターンニングを行った(図13C)。そして、ドライエッチングなどによりW/TiN電極配線1130を形成した。次に、層間絶縁膜1131を形成し、通常の方法でホールパターン1132を形成した。ホールパターン1132の中はWプラグで埋め込み、Al第2配線1133を連結した(図13D)。以降のパッシベーション工程は従来法を用いた。

【0057】なお、ここでは主な製造工程のみを説明したが、W/TiN電極配線形成のリソグラフィ工程で本発明の電子ビーム描画方法を用いたこと以外は従来法と20 同じ工程を用いた。以上の工程により、質が低下することなくパターンを形成することができ、CMOSLSIを高歩留まりで製造することが出来た。本発明の電子ビーム描画方法を用い半導体集積回路を製作した結果、描画速度が向上したことにより生産量が増加した。

【0058】

【発明の効果】本発明によると、一括図形方式および可変成形方式でそれぞれ最適な電流密度にて描画を行うことが可能となり、全体として描画速度の向上が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による電子ビーム描画システムの一例を示すシステム構成図。

【図2】複数の電子光学系での描画順序の例を示す図。

【図3】描画パターンの分割例を示す図。

【図4】電子ビーム描画システムの実装形態を示す図。

【図5】試料保持装置の一例を示す図。

【図6】描画パターンデータの分割例を示す図。

【図7】描画パターンデータの分割フローを示す図。

【図8】半導体集積回路の構成例を示す図。

【図9】一括図形の面積にてパターンデータを分割するフローを示す図。

【図10】分割された描画パターンの描画時間に基づいて再分割するフローを示す図。

【図11】光学式マーク検出器の構成例を示す図。

【図12】ウェハ上の描画チップと合わせマークの例を示す図。

16

【図13】本発明の電子ビーム描画方法により半導体集積回路を作成する工程を示す図。

【図14】従来の電子ビーム描画装置を示す図。

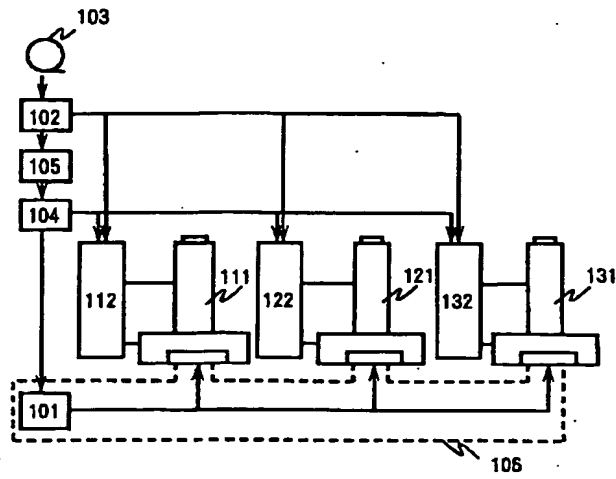
【図15】一括図形マスクを示す図。

【図16】従来の転写方式の電子ビーム描画装置を示す図。

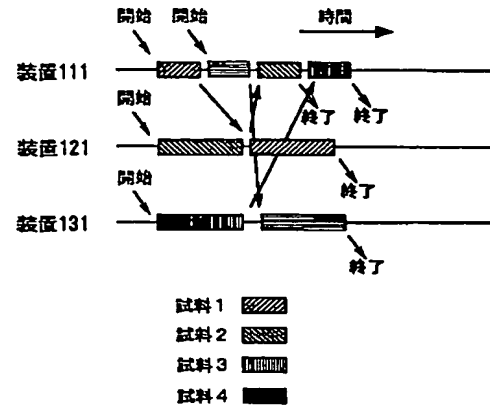
【符号の説明】

101：試料搬送装置、102：データ分割装置、103：パターンデータ、104：描画手順制御装置、105：描画時間演算装置、106：真空室、111：電子ビーム描画装置1、112：制御装置、121：電子ビーム描画装置2、122：制御装置、131：電子ビーム描画装置3、132：制御装置、31：描画パターン、32：一括図形パターン、33：可変成形パターン、41：電子ビーム描画装置1、42：電子ビーム描画装置2、43：電子ビーム描画装置3、44：試料搬送装置、45：真空排気室、46：試料カセット、51：試料保持装置、52：ウェハ、53：ガラスマスク、61：パターンデータ、62：描画条件部、63：20 パターンデータ部、64：可変成形データ部、65：一括図形データ部、66：可変成形パターンデータ、67：一括図形パターンデータ、71：半導体集積回路、1202：電子ビーム、1207：対物レンズ、1208：試料、1209：XYステージ、91：光源、92：光学式マーク検出装置、93：光学式マーク検出装置、1001：ウェハ、1002：チップ、1003：ウェハアライメントマーク、1004：チップアライメントマーク、1120：Nマイナスシリコン基板、1121：Pウエル層、1122：P層、1123：フィールド酸化膜、1124：多結晶シリコン／シリコン酸化膜ゲート、1125：P高濃度拡散層、1126：N高濃度拡散層、1127：絶縁膜、1128：コンタクトホール、1129：感光剤、1130：W/TiN電極配線、1131：層間絶縁膜、1132：ホールパターン、1133：アルミ第2配線、1201：電子銃、1202：電子ビーム、1203：第1マスク、1204：選択偏向器、1205：第2マスク、1206：縮小レンズ、1207：対物レンズ、1208：試料、1209：XYステージ、1210：描画制御装置、1211：マスク移動機構、1212：移動機構制御装置、1213：XYステージ制御装置、1301：一括図形用開口、1302：可変成形用開口、1401：照明系、1402：電子ビーム、1403：レンズ、1404：偏向器、1405：マスク、1406：第1投影レンズ、1407：偏向器、1408：制限アパーチャ、1409：第2投影レンズ、1410：偏向器、1411：試料

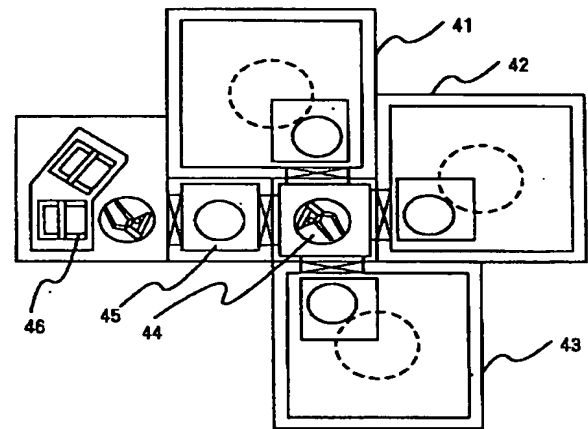
【図1】



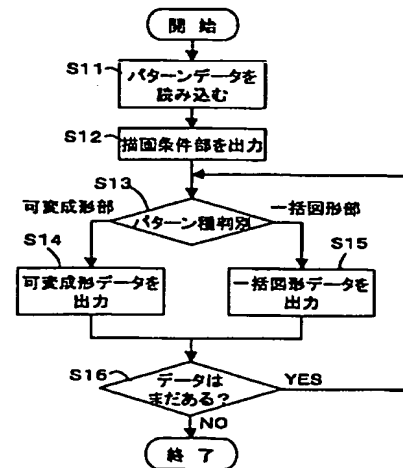
【図2】



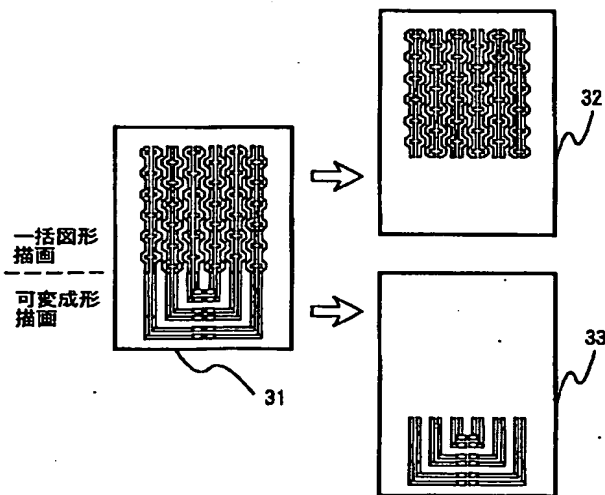
【図4】



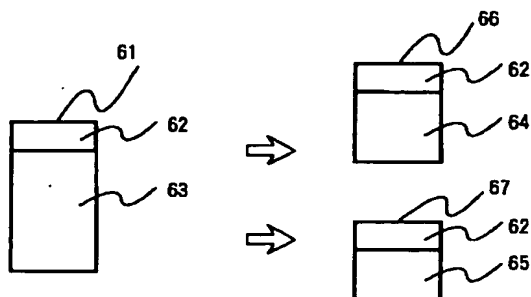
【図7】



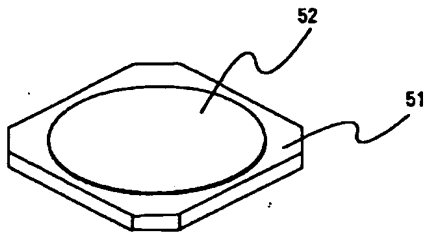
【図3】



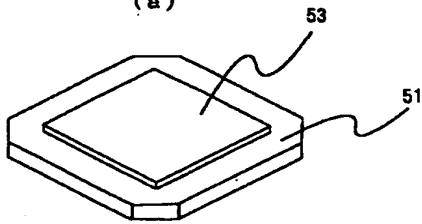
【図6】



【図5】

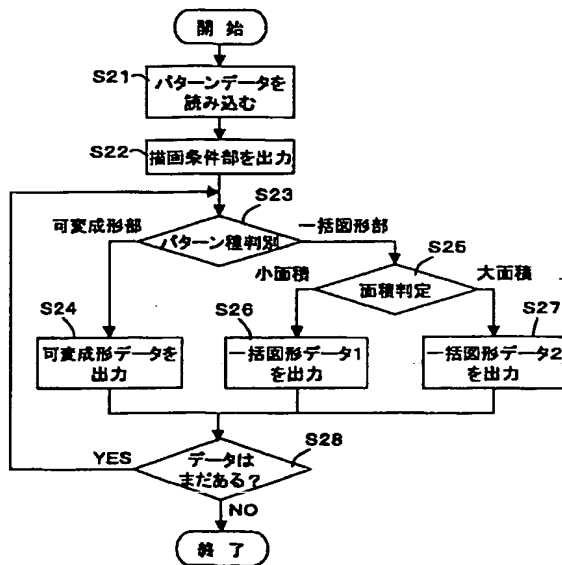


(a)

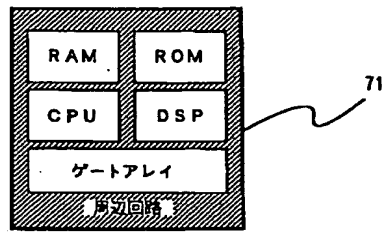


(b)

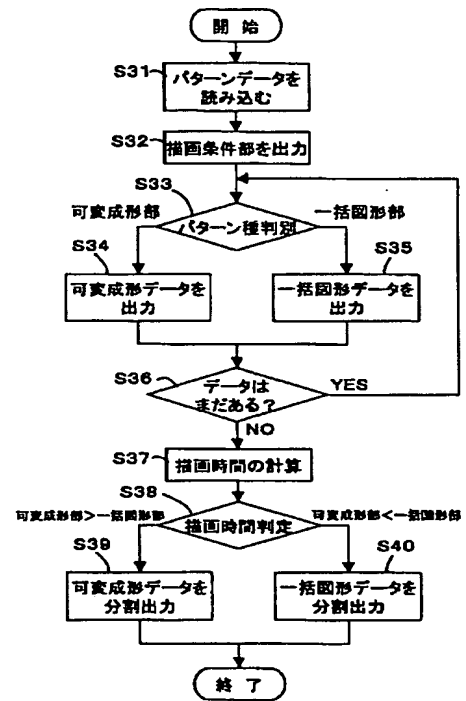
【図9】



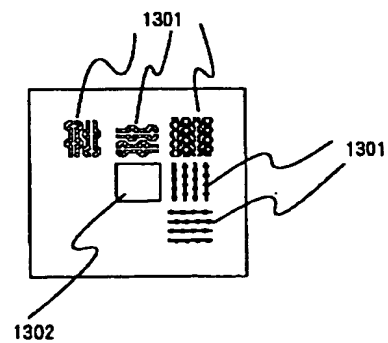
【図8】



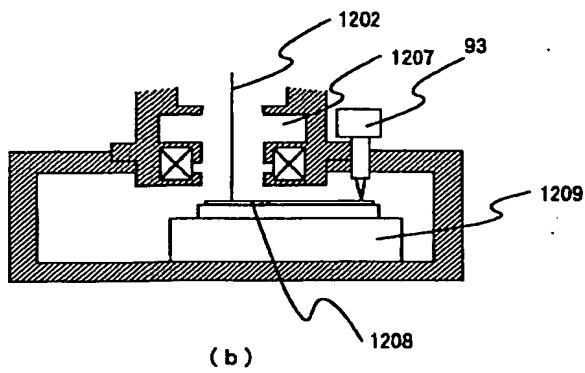
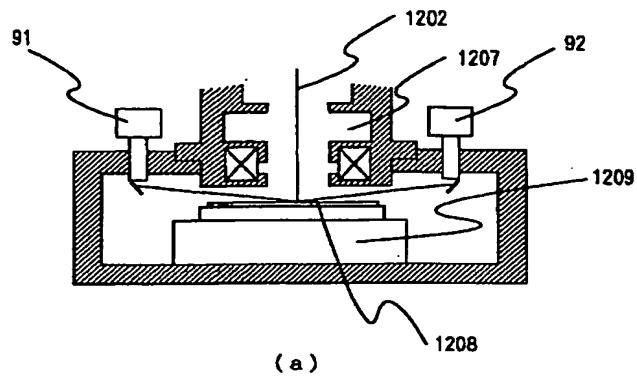
【図10】



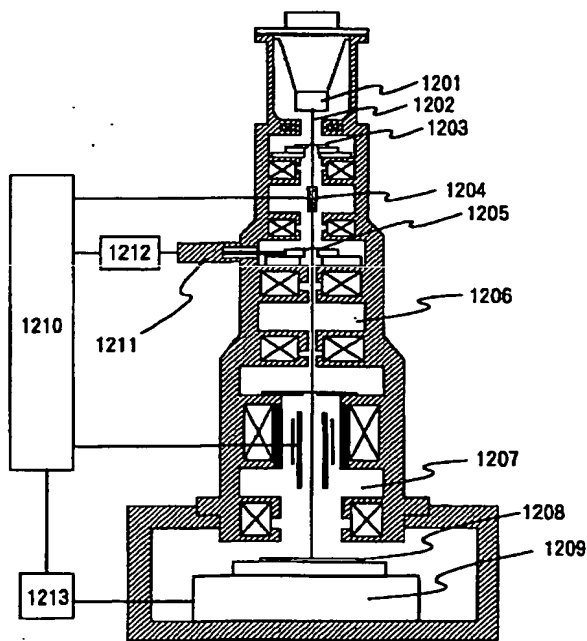
【図15】



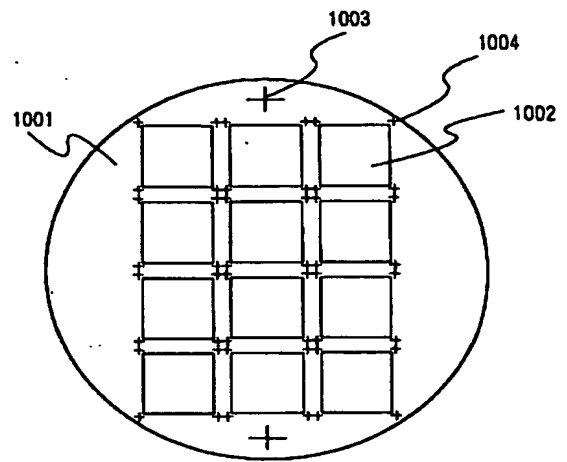
【図11】



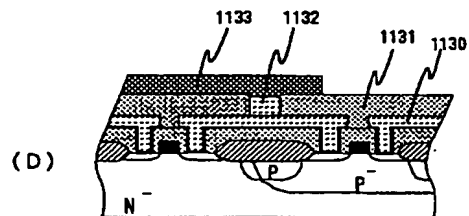
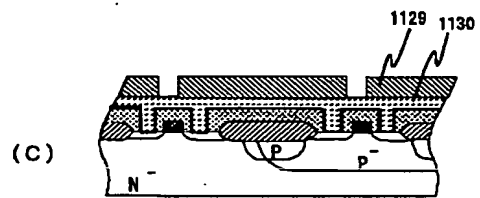
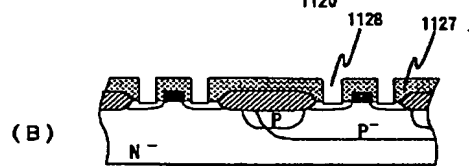
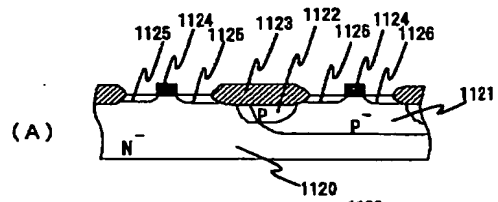
【図14】



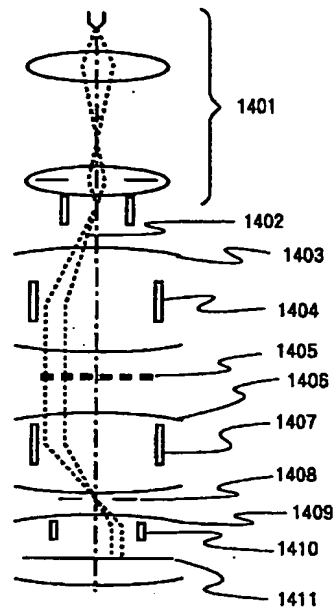
【図12】



【図13】



【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 早田 康成  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72)発明者 斎藤 ▲徳▼郎  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 田地 新一  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
Fターム(参考) 2H097 AA13 BB01 BB03 CA06 CA16  
LA10  
5F056 AA04 AA22 AA27 AA31 CA04  
CA05 CB03 CC09 CC14 CD13  
EA02 FA08